

Hazai talajok mineralizálható N-készletének és N-szolgáltatásának mérése és számítása

FILEP GYÖRGY és TÓTHNÉ, BIRÓ ÁGNES

*Agrártudományi Egyetem, Debrecen és Vetőmag Vállalat
Kutató Központja, Nyíregyháza*

Közismert, hogy a talaj N-készletének egy része (a szerves anyag mineralizációja során) fokozatosan átalakul felvehető ásványi formákká, s alapvetően a könnyen bomló szerves anyagok mennyisége és a feltáródás körülményei szabják meg a talajok N-szolgáltatását. A N-szolgáltatóképesség, s az azt befolyásoló tényezők ismerete igen fontos mind a szakszerű nitrogén-trágyázás tervezése, mind a szerves anyagok, ill. a talajok gyakorlati értékelése szempontjából, ezért indokoltnak láttuk a fentiek részletesebb elemzését.

A mineralizáció lehetőségének és mértékének becslésére számos biológiai (talajérleléses) és kémiai módszert javasoltak [3].

A *talajérleléses* (inkubációs) eljárásoknál a meghatározott nedvességi állapotban és hőmérsékleten végzett érlelés közben beállt változások alapján értékelhetjük a talaj N-szolgáltatását. E vizsgálatokkal részint

— egyes mikroorganizmus-telepek (*Aspergillus niger*, *Cunninghamella blakesleeana*) növekedéséből [13, 16, 18], másrészt

— a könnyen bontható, N-mentes szerves anyagokkal (cellulóz, glükóz) együtt érlelt minták CO_2 -termeléséből (6, 11), illetve

— a nedvesített talaj ásványi-N (NO_3 , vagy $\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$) tartalmának változásából következtethetünk a mineralizáció erősségére (direkt inkubációs módszerek).

Az érleléses vizsgálatok közül ez utóbbi megoldás látszik leginkább célravezetőnek. Az inkubációt azonban a kutatók kisebb nagyobb mértékben eltérő körülmények között végezték, ezért összehasonlítható eredményeket csak elvétve lehet találni. Általában aerob feltételeket, 20–35 °C közötti hőmérsékletet, s rövidebb (1–3 hét), vagy hosszabb (26–36 hét) érlelési időt javasolnak. Igen eltérő a minták érlelés alatti nedvességtartalma is. (Több esetben pedig — a kedvező fizikai állapot biztosítása céljából — kvarchomokkal, vagy vermikulittal keverik a vizsgálandó talajt.)

ID. VÁRALLYAY [30] az ARANY-féle kötöttségi szám felével egyenlő vízmennyiség hozzáadásával, 18 napig 20 °C-on, PETERBURGSZKIJ [15] a vízkapacitás (VK) 60%-át jelentő víztartalom mellett, 12 napig 25–28 °C-on végezte az érlelést. COOKE és CUNNINGHAM [5] a légszáraz minták vízkapacitásának 50%-ára beállított nedvességtartalmú talajokból 18 °C-on 30 napi, CUNNINGHAM [7] pedig 25 °C-on 14 napi inkubálás után határozta meg az

ásványi N-mennyiségét. BOSWEL et al. [2] a szántóföldi vízkapacitás 75%-ának megfelelő nedvességi állapotban, 30 °C-nál 28 napos, NYBORG és HOYT [14] viszont a szántóföldi VK-hoz közeli víztartalom mellett, 120 napos (28 °C-on történő) érlelést ajánlott. BREMNER [3] a minta súlyának háromszorosát kitevő kvarehomokkal együtt, 12 napig 30 °C-on érlelte a talajmintákat (15 súly %-nyi nedvességtartalomnál), s az eredeti és az inkubált talaj N-tartalmának különbségét tekintette hasznosítható N-nek.

A kémiai módszereknél a savakkal, illetve a lúgos, vagy semleges sóoldatokkal felszabadítható nitrogén mennyiségéből következtetnek a mineralizálható szervesanyag-tartalomra. TYURIN [27], TYURIN és KONONOVA [28], majd DESAI és SUBBIAH [8] kénsavat, PETERSON et al. [16] sósavat, STANFORD [19] forró 0,01 n CaCl_2 , vagy Na-pirofoszfát oldatot, TROUG [26], illetve RICHARD et al. [18] lúgos KMnO_4 -et használt a mineralizálható N-készlet részbeni extrahálására.

HARGITAI [9] többszöri híg kénsavas kezelést és hidrogénperoxidos oxidációt, illetve 6 n HCl-as hidrolízist alkalmazva tanulmányozta a mobilizálható N-frakciók mennyiségét.

Az említett — és más hasonló — biológiai, vagy kémiai eljárásokkal, számottevő különbségeket lehet kimutatni a talajok között. A kezeléseket befejeztével mért egyetlen adat azonban nem alkalmas sem a feltáródás sebességének, sem az egyes talajok tényleges N-szolgáltatásának kvantitatív jellemzésére, ezért többen megkísérelték a módszerek továbbfejlesztését.

ALLISON és STERLING [1], a 20 súlyszázaléknyi nedvességet tartalmazó talajokban mineralizálódott nitrogén időnként mért értékei alapján, kvalitatív megállapításokat tett a mineralizáció mértékére, ütemére vonatkozóan. (Szakaszos inkubáció). PRITCHETT et al. [17] ugyanígy vizsgáltak vermikulittal kevert talajokat, LEGG et al. [12] viszont a felszabadult ásványi-N kéthetenkénti kilúgzását nem deszt. vízzel, hanem 0,01 n CaCl_2 -oldattal végezték, majd a kilúgzott talajt N-mentes tápoldattal kezelve érlelték tovább. Hasonló megoldást választott CHICHESTER [4], valamint STANFORD és SMITH [20] is.

A STANFORD és munkatársai [20, 21, 22, 23] által alkalmazott megközelítések emellett lehetőséget nyújtanak az ásványosodási folyamat egzakt értékelésére, így mi is ezekből kiindulva vizsgáltuk a fontosabb hazai talajok N-szolgáltatóképességét.

Munkánkban, a folyamat kinetikai értelmezése és a maximálisan mineralizálható N-készlet megállapítása után — irodalmi adatok, és saját méréseink alapján — bemutatjuk a mineralizáció sebességének a talajhőmérséklet és nedvességi állapot szerinti változását, majd javaslatot teszünk a különböző talajok tényleges N-szolgáltatásának számítására.

Anyag és módszerek

A vizsgálatokat gyengén humuszos homok, csernozjom, típusos réti, szolonyeces réti, mély réti szolonyec és agyagbemosódásos barna erdőtalaj felső rétegéből vett 23 db mintán végeztük. A talajok néhány jellemzője az 1. táblázatban látható.

A táblázat szerint a minták kémhatása ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) 6,4—7,6; össz. N-tartalma pedig 0,044—0,33 közötti. A fizikai talajféleség többnyire vályog.

Érlelési eljárás. A mineralizáció időbeni változását az alább ismertetett szakaszos (kilúgzással kombinált) talajérlelési eljárással tanulmányoztuk:

20–20 g szokásosan előkészített légszáraz talajt 15–15 g (erősen kötött talajoknál 20–20 g) tiszta kvarchomokkal megfelelően elkeverve, 2 cm belső átmérőjű (alul műanyag-szitával és vékony üvegyapotrétéggel elzárt) 12 cm magas műanyagcsövekbe töltöttük, majd enyhe tömörítés után a talaj felületét üvegyapot réteggel fedtük. Közvetlenül az érlelés előtt az oszlopokat desztillált vízzel vízkapacitásig átnedvesítettük, s mintegy 25 perc múlva a talaj eredeti ásványi-N tartalmát, 140 ml 0,01 M CaCl_2 oldat 5–10 ml-es részleteivel kimostuk. (Az egyesített szűrletből a nitrogént később meghatározhatjuk.)

A kilúgzott, nedves talajra ezután 20 ml N-mentes tápoldatot vittünk, s az oldat leszívargása után — a fölösleges nedvesség eltávolítása céljából — az oszlopokat vízlégszivattyúval néhány másodpercig megszívattuk. Az így előkészített mintákat 35 °C-on érleltük 12 héten át. (A 35 °C-os hőmérséklet az irodalom [3] szerint kb. megfelel a nitrifikáció hőmérsékleti optimumának.) A mineralizálódott N mennyiségét időnként: 1; 2; 3; 5; 7; 9,5 és 12 hét elteltével meghatároztuk. Az említett időpontokban — az inkubáció előtti kezeléshez hasonlóan — 120–140 ml 0,01 M CaCl_2 -oldattal lúgoztuk ki a mineralizálódott nitrogént, majd a talajhoz ismét 20 ml N-mentes tápoldatot adva (a VK nedvességtartalom beállítása után) az inkubálást tovább folytattuk. A talajon átszivargott kilúgzó oldatot 150 ml-re egészítettük ki, s vízgőzdesztillációval mértük $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ -mennyiségét.

A N-mentes tápoldat a következő volt [20]: 0,02 M $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 0,002$ M $\text{MgSO}_4 + 0,005$ M $\text{Ca}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 0,025$ M K_2SO_4 -elegye.

Eredmények és értékelés

1. *A potenciálisan mineralizálható N mennyiségének megállapítása.* STEVENSON [24] rámutatott, hogy a mineralizáció sebessége (a szerves N ásványosodásának üteme) arányos a mineralizálható N mindenkori mennyiségével, s a folyamat kinetikusan elsőrendűnek tekinthető.

Ebből következően felírhatjuk, hogy

$$\frac{dN_t}{dt} = -k \cdot (N_{\text{pot}} - N_t) \quad (1a)$$

melyben

t = mineralizáció időtartama hetekben; N_{pot} = a potenciálisan mineralizálható N mg/kg; N_t = a t időpontig ásványosodott nitrogén összes mennyisége mg/kg; k = a folyamat sebességi állandója hét⁻¹.

A sebességi egyenlet határozatlan integrálja

$$\ln (N_{\text{pot}} - N_t) = -k \cdot t + C \quad (1b)$$

ahol C = az integrációs konstans. Ha $t = 0$, akkor $N_t = 0$; s így $\ln N_{\text{pot}} = C$. Az 1b. összefüggés tehát megadható az alábbi formában is

$$\ln (N_{\text{pot}} - N_t) = \ln N_{\text{pot}} - kt \quad (2)$$

1. táblázat

A vizsgált talajok általános jellemzői

(1) A talajminta			(2) Minta jele	pH		(3) Fizikai agyag %	(4) Felvehető		(5) Összes N %
származása	típusa	mélysége cm		H ₂ O	KCl		P ₂ O ₅	K ₂ O	
							mg%		
Nyíregyháza	a) gyengén humuszos homok	0—20	1	6,8	6,1	5,7	8,4	9,0	0,04
Zsáka	b) csernozjom	0—20	2	6,6	6,1	41,3	65,0	45,5	0,22
Hajdú- bőszörmény	csernozjom	0—20	3	6,6	6,1	38,4	16,0	30,5	0,14
Hajdú- bőszörmény	csernozjom	0—20	4	6,8	6,3	40,6	65,0	52,0	0,26
Hajdú- bőszörmény	csernozjom	0—20	5	6,6	5,8	37,6	20,0	28,0	0,23
Hajdú- bőszörmény	csernozjom	20—40	6	6,0	6,0	40,9	14,2	21,5	0,21
Ebes	csernozjom	0—20	7	6,6	6,2	52,3	9,7	25,0	0,29
Debrecen	csernozjom	0—20	8	7,6	6,3	32,9	121,0	90,0	0,27
Püspökladány	c) réti								
	csernozjom	0—20	9	6,7	6,2	65,9	67,5	68,4	0,24
Püspökladány	réti								
	csernozjom	0—20	10	7,2	6,7	59,3	105,0	68,5	0,27
Püspökladány	réti								
	csernozjom	20—40	11	7,6	7,0	63,3	105,0	90,0	0,21
Nagyrábé	d) réti	0—20	12	7,0	6,1	67,6	25,0	45,5	0,25
Nagyrábé	réti	0—20	13	7,0	6,3	68,9	26,6	65,0	0,25
Nagyrábé	réti	0—20	14	7,2	6,2	62,7	23,3	30,5	0,27
Nagyrábé	réti	0—20	15	7,0	6,0	68,5	9,2	35,5	0,33
Tiszavasvári	réti	0—20	16	7,3	6,8	44,3	20,9	21,6	0,32
Zsáka	e) szolonyeces								
	réti	0—20	17	6,7	5,7	51,9	6,7	43,5	0,22
Zsáka	szolonyeces								
	réti	0—20	18	6,4	5,3	50,8	19,6	58,0	0,21
Hosszúhát	f) mély réti								
Á. G.	szolonyec	0—15	19	7,2	6,6	68,5	12,1	35,5	0,21
Hosszúhát	mély réti								
Á. G.	szolonyec	0—15	20	7,0	5,8	72,4	11,0	30,5	0,26
Nagykanizsa	g) agyagbemo- sódásos								
	barna erdő- talaj	0—20	21	6,1	4,8	46,8	7,3	10,0	0,09
Nagykanizsa	agyagbemo- sódásos								
	barna erdő- talaj	0—20	22	5,6	5,1	45,9	9,2	12,5	0,17
Nagykanizsa	agyagbemo- sódásos								
	barna erdő- talaj (me- szezett)	0—20	23	6,7	6,3	48,0	19,6	22,7	0,17

$$\text{Ebből} \quad k = \frac{1}{t} \ln \frac{N_{\text{pot}}}{N_{\text{pot}} - N_t} \quad (3)$$

$$\text{másrészt} \quad N_t = N_{\text{pot}} \cdot (1 - e^{-kt}) \quad (4a)$$

$$\text{illetve} \quad N_{\text{pot}} = \frac{1}{1 - e^{-kt}} \cdot N_t = f \cdot N_t \quad (4b)$$

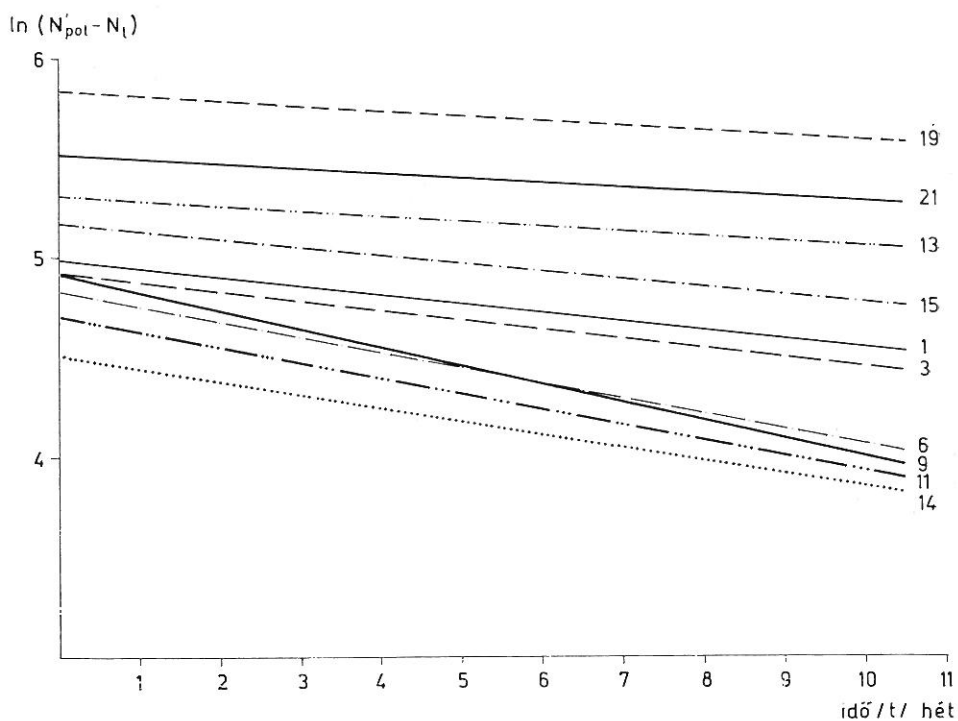
(Az „f” = a sebességi állandótól és az időtényezőtől függő szorzófaktor.)

Az egyenletekből látható, hogy a folyamat jellemzéséhez (a k konstans számításához) ismerni kell a potenciálisan mineralizálható N-készletet (az N_{pot} értékét). Ennek meghatározása, a közel optimális körülmények között folytatott érlelési kísérlet adataiból, két lépésben történhet az alábbiak szerint:

a) Mivel — mint STANFORD [19] bizonyította — az $1/N_t$ és $1/t$ közötti összefüggés lineáris (vagy közel lineáris), az N_{pot} , az N_t és a t kapcsolata kifejezhető, mint

$$1/N_t = 1/N_{\text{pot}} + m \cdot \frac{1}{t}$$

ahol „m” az egyenes meredeksége.



1. ábra
Az $\ln(N'_{\text{pot}} - N_{\text{pot}})$ összefüggése az inkubációs idővel, jellemző talajoknál. 1–21. a talaj jele (lásd 1. tábl.)

2. táblázat

A talajoszlopok vízgazdálkodási és mineralizációs jellemzői

(1) Talaj típusa	(2) Minta jele	Ts g/cm ³	VK _t %	P%	VK _p %	N _{pot} mg/kg	k _{20°C}
a) Gyengén humuszos homok	1	1,28	35,41	50,76	69,76	145,5	0,041
	2	1,31	32,37	49,61	65,25	121,2	0,069
	3	1,32	31,96	49,23	65,0	134,3	0,054
b) Csernozjom	4	1,27	33,65	51,15	65,78	142,6	0,074
	5	1,28	40,14	50,77	79,01	116,7	0,054
	6	1,32	37,40	49,23	75,96	123,9	0,075
	7	1,30	36,83	50,0	73,66	209,8	0,043
	8	1,27	36,41	51,15	71,18	133,0	0,073
	9	1,29	34,70	50,38	68,88	135,0	0,072
c) Réti csernozjom	10	1,29	31,90	50,38	63,32	139,7	0,073
	11	1,29	32,53	50,38	64,57	110,5	0,075
	12	1,28	31,27	50,77	61,59	132,2	0,068
d) Réti	13	1,31	31,48	49,61	63,47	118,3	0,043
	14	1,28	31,30	50,77	61,65	141,0	0,064
	15	1,32	31,29	49,23	63,56	155,9	0,040
e) Szolonyeces réti	16	1,31	31,53	49,61	63,56	115,6	0,075
	17	1,33	33,60	48,85	68,78	244,7	0,050
	18	1,28	33,30	50,77	65,59	181,3	0,048
f) Mély réti szolonyec	19	1,27	32,04	51,15	62,63	340,3	0,028
	20	1,28	34,85	50,77	68,64	210,6	0,027
g) Agyagbemosódásos barna erdőtalaj	21	1,35	31,97	48,05	66,53	247,2	0,031
	22	1,24	45,03	51,53	87,38	174,2	0,035
Agyagbemosódásos barna erdőtalaj (meszezett)	23	1,28	36,83	50,77	72,25	139,8	0,065

(Ts = térfogatsúly; P% = összporozitás; VK_p% = a vízkapacitásnyi víz a pórustérfogat %-ában.)

Nyilvánvaló, hogy igen hosszú inkubáció után (amikor; $t \rightarrow \infty$): $N_t = N_{pot}$; tehát a mineralizálható-N értékét megközelíthetjük, ha a különböző időpontokig összesen mineralizálódott N-mennyiségek reciprokát ($1/N_t$), az $1/t$ függvényében ábrázoljuk. Az egyenes tengelymetszete az $1/N_{pot}$ közelítő értékét: $1/N_{pot}$ adja.

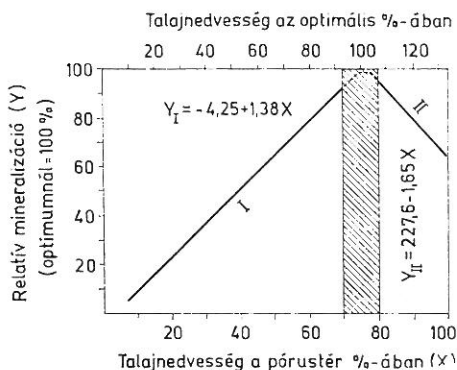
b) Ha az N_{pot} adatok felhasználásával ezután, a 2. egyenletnek megfelelően, a $\ln(N_{pot} - N_t) - t$ összefüggést ábrázoljuk, olyan — talajonként jellemző — egyeneseket kapunk, melyek tengelymetszete a $\ln N_{pot}$; meredeksége pedig a k értékével egyenlő. (A k konstans azonban a 3. képletből az esetek többségében pontosabban számítható.)

A vizsgált talajokra jellemző $\ln(N_{pot} - N_t) - t$ összefüggést az 1. ábrán, az N_{pot} és k számított értékeit pedig a 2. táblázatban közöljük.

A táblázat szerint a réti szolonyec és az agyagbemosódásos barna erdőtalaj N-készletének mineralizációja — az azonos és közel optimális feltételek ellenére is — lényegesen kisebb sebességgel folyt, mint a többi vizsgált talajnál. A nem szikes, illetve a nem erősen kilúgzott minták nagy részénél — a vázolt körülmények között — nem volt lényeges eltérés a mineralizáció sebességében, bár egyes nagy humusztartalmú réti talajok k értéke kisebb az átlagosnál.

Az eredményeket áttekintve az látszik elfogadható megoldásnak, hogy a szikes és a nem meszezett erdőtalaj mintákra külön számítsunk egy átlagos sebességi állandót ($k = 0,03$), a többi talaj sebességi állandója így átlagosan $k = 0,0608 \pm 0,013$ -nak adódik. (A szélsőséges tulajdonságú talajokra megbízható értékeket csak további átfogó vizsgálatokkal szerezhetünk.)

A potenciálisan mineralizálható N-készlet a tanulmányozott talajok 0–20 cm-es felső rétegében 300 és 2000 kg/ha között változott (átlagértéke; 390–400 kg/ha). Az összes N-tartalomnak csernozjom talajoknál mintegy 6%-a, réti talajoknál 4%-a; a vizsgált szikes és barna erdőtalajoknál pedig 13,5%-a mutatkozott mineralizálhatónak. Mivel egy-egy talajban a humifikáció és a mineralizáció mértéke szigorúan meghatározott, a könnyen ásványosítható N-készlet mindaddig állandó marad, míg a szerves anyag bontás és újraképződés feltételei (pl. melioráció révén) maradandóan meg nem változnak.



2. ábra

A mineralizáció mértékének változása a talajnedvesség függvényében

A hosszantartó, szakaszos inkubáció (az 1–4. összefüggéseknek megfelelően) lehetőséget nyújt arra is, hogy az N_{pot} értékét rövid: 2 hetes, vagy 3 hetes — hasonló körülmények között végzett — érlelés eredményeiből számítsuk. A k javasolt átlagértékeit a (4b) egyenletbe helyettesítve, a potenciálisan mineralizálható N-készlet a következőképpen számítható.

csernozjom, réti és savanyú homok talajoknál:

2. hét inkubáció után: $N_{pot} = 8,73 \times N_t$,

3. hét inkubáció után: $N_{pot} = 5,99 \times N_t$,

szikes és (kötött) barna erdőtalajoknál pedig:

$N_{pot} = 17,17 \times N_t$; és $N_{pot} = 11,61 \times N_t$.

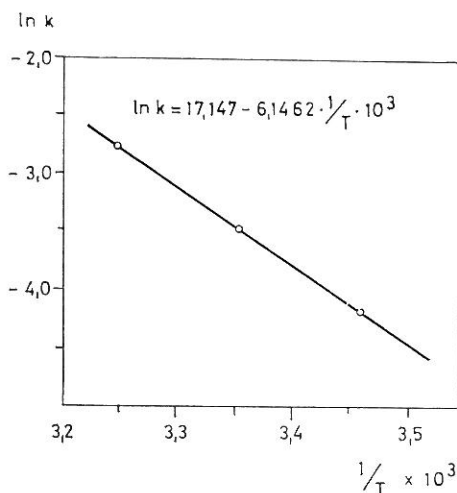
(5)

Közel optimális körülmények között 1 hét alatt mineralizálódó nitrogén mennyisége (N -szolgáltatóképesség = N_{sz}) pedig

$$N_{sz} \text{ mg/kg/hét} = k_{35^\circ\text{C}} \cdot N_{pot} \quad (6)$$

2. A talajnedvesség és a talajhőmérséklet hatása a N-feltáráásra. Az ezzel kapcsolatos kutatások szerint, a holtvíznél több nedvességet tartalmazó talajokban, a mineralizálódó N mennyisége a talaj nedvességtartalmával ará-

nyosan változik. Pontosabban: a nedvességtartalom növekedésekor a N-feltáródás mindaddig nő, míg ki nem alakul a talajban az optimális víz : levegő arány (ez 70 : 30; más források szerint 80 : 20). Tartós túlnedvesedés esetén pedig az immobilizáció fokozódik, így a szerves anyagok bomlása ez esetben is jóval kisebb mértékű lesz, mint optimális nedvességtartalomnál. A mineralizáció erőssége és a talaj nedvességtartalma közötti összefüggést — az irodalmi adatok felhasználásával készített — 2. ábrán szemléltetjük. Az ábra alapján (a közölt egyenletek segítségével) változó nedvességtartalom esetén is becsülni lehet az ásványosodás relatív értékét.



3. ábra

Az Arrhenius egyenlet grafikus ábrázolása

Bár a mineralizáció sebességének hőmérsékletfüggése általánosan ismert, a jelenség mennyiségi szempontból nem eléggé tisztázott [10]. Ezért 10 db talajmintát további két hőmérsékleten 25 °C-on és 15 °C-on érleltünk (az előzővel azonos nedvességtartalom mellett), majd az eredmények alapján megkíséreltük számszerűen kifejezni a talajhőmérséklet hatását.

A számított állandók értéke az alábbi:

$$k_{35^\circ\text{C}} = 0,0608 ; k_{25^\circ\text{C}} = 0,0306 ; k_{15^\circ\text{C}} = 0,0147.$$

Az adatok kvantitatív értékelésére, s a folyamat aktiválási energiájának (E_{akt}) számítására az ismert ARRHENIUS egyenletet használtuk

$$k = A \cdot e^{-E_{\text{akt}}/R \cdot T}. \quad (7)$$

melyben A = az ún. akciókonstans; R = az egyetemes gázállandó; T = az abszolút hőmérséklet (Kelvin fok).

A (7) egyenletből

$$\ln k = -\frac{E_{\text{akt}}}{R \cdot T} + \ln A \quad (8)$$

Az $\ln k - 1/T$ összefüggést ábrázolva (3. ábra), a k hőmérsékletfüggése és az aktiválási energia pontosan számítható.

($E_{akt} = -R \cdot \lg \alpha$; $\lg \alpha$ = az egyenes meredeksége.)

A fentiek szerint a folyamat aktiválási energiája jelentős. ($E_{akt} = 12,292$ kcal/mól = 51,4 kJ/mól.) A sebességi állandónak, a °C-okban kifejezett talajhőmérséklet szerinti exponenciális változását (k') a 4. ábra mutatja.

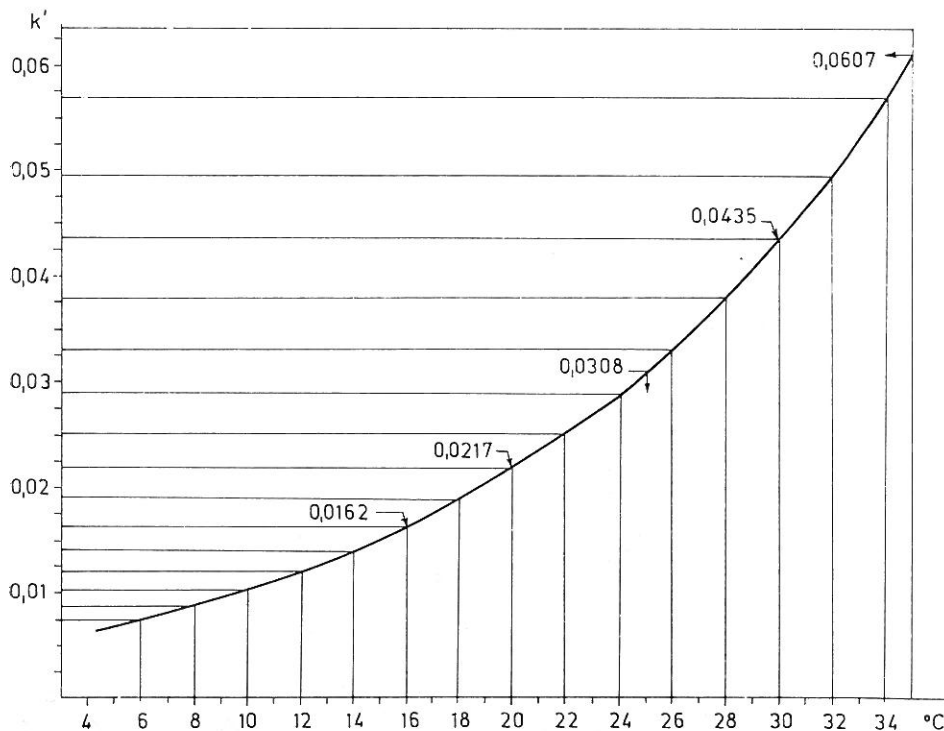
3. A talaj N-szolgáltatásának számítása. Az előzőekből kitűnik, hogy adott talaj N-szolgáltatását a potenciálisan mineralizálható N-tartalom, valamint a talaj nedvességi állapota és hőmérséklete befolyásolja elsősorban. Megbízható pontos értékeléshez tehát ismerni kell ezek (tenyésztő alatti) átlagos értékét, vagy időszakonkénti alakulását.

A talaj N-szolgáltatását bármely számításba jöhető mélységre — szerintünk — az alábbi formulák alapján lehet számítani:

a) Ha a talaj nedvességtartalma kisebb az optimálisnál

$$N_{sz} \text{ kg/ha/hét} = k' \cdot N_{pot} \cdot \frac{(1,3846 \cdot V_{t_{p\%}} - 4,25)}{100} \cdot T_s \cdot \frac{X}{10} \quad (9)$$

ahol $\frac{(1,3846 V_{t_{p\%}} - 4,25)}{100}$ = a nedvesség-koefficiens; X = a figyelembe vett



4. ábra

A mineralizáció sebességi állandójának (k') hőmérséklet szerinti változása.

3. táblázat

A N mineralizálódását befolyásoló talajtani paraméterek egy Debrecen környéki csernozjom talajnál

(1) Időszak (hónap)	0–20 cm				20–40 cm			
	V _t %	V _p %	°C	k'	V _t %	V _p %	°C	k'
IV.	23,82	47,4	11,0	0,012	25,76	54,9	9,0	0,0095
V.	20,32	40,4	17,0	0,0175	23,10	49,23	15,3	0,0155
VI.	17,72	35,2	21,8	0,024	17,30	36,94	19,3	0,0205
VII.	14,76	29,3	22,8	0,027	13,76	29,32	21,2	0,023
VIII.	14,76	29,3	22,8	0,027	13,76	29,32	20,8	0,023
IX.	18,85	37,5	22,0	0,025	16,23	34,60	18,2	0,020
a) Átlag	18,57	36,72	19,5	—	18,45	39,55	17,3	—

$N_{\text{pot}} = 131 \text{ mg/kg}$; $T_s (0-20 \text{ cm}) = 1,29$; $T_s (20-40 \text{ cm}) = 1,38$; $P\% (0-20 \text{ cm}) = 50,3$; $P\% (20-40 \text{ cm}) = 46,92$.

talajréteg vastagsága cm-ben. A k' értéke pedig — adott átlagos talajhőmérséklet esetén — a 4. ábrán közölt nomogramból egyszerűen megadható.

b) Amikor a talaj túlnedvesedett, ill. egyes rétegek relatív víztartalma nagy, az

$$N_{sz} \text{ kg/ha/hét} = k' \cdot N_{\text{pot}} \cdot \frac{(227,6 - 1,65 \cdot V_{tP\%})}{100} \cdot T_s \cdot \frac{X}{10} \quad (10)$$

összefüggés alkalmazható. Ilyen helyzet állhat elő — legalábbis a tenyészidő egy-egy szakaszában — erősen kötött, mélyfekvésű réti talajok felszínalatti rétegeiben, vagy túllöntözött agyagos talajoknál. (Ezeknél a $VK_{P\%}$ lényegesen nagyobb lehet 80%-nál.)

4. táblázat

A vizsgált csernozjom talaj N-szolgáltatása kg/ha/hét

(1) Időszak (hónap)	N _{sz} kg/ha/hét	
	0–20 cm	20–40 cm
IV.	2,49	2,46
V.	3,06	3,58
VI.	3,62	3,47
VII.	3,34	3,52
VIII.	3,30	3,02
IX.	4,03	3,16
a) Átlag	3,30	3,20

Az ismertetett elv alkalmazását egy Debrecen-környéki csernozjom talaj (Debrecen—Kismacs) példáján mutatjuk be. A számításhoz szükséges jellemzőket a 3. táblázat tartalmazza. A növényzettel fedett talaj nedvesség-

5. táblázat

Gyengén humuszos homok és réti agyag talaj jellemző adatai

(1) Talaj típus	(2) Réteg- mélység cm	Ts	P%	V _{tr} %	V _{tp} %	N _{pot}	°C	k'	N _{sz} mg/kg/hét
a) Gyengén humuszos homok	0—20 20—40	1,462 1,501	43,77 42,23	7,45 10,20	17,02 24,15	115,0 127,0	22,3 18,7	0,0253 0,0195	1,64 2,11
b) Réti agyag	0—20 20—40	1,42 1,54	45,43 40,80	27,9 39,2	61,14 96,1	137,0 133,0	15,1 12,6	0,0152 0,0126	4,76 3,51

tartalmának (V_{tr}%) és hőmérsékletének havi átlagait Szász [25] több éves mérésorozata alapján közöljük, az N_{pot} értéket pedig, a 35 °C-on végzett három heti inkubálás után kapott ásványi N mennyiségéből számítottuk az 5. képletnek megfelelően.

A vizsgált esetben (a 9. egyenlet szerint) a 4. táblázatban összesített N_{sz} értékek adódnak.

Az április közepétől augusztus végéig ásványosodó-N összes mennyisége pedig:

$$\Sigma N_{sz} = 63,2 \text{ kg/ha (a 0—20 cm-es rétegben); és} \\ 63,6 \text{ „ (a 20—40 cm-es „).}$$

Könnyen belátható, hogy hasonló talajoknál, általában elegendő a tenyészidőszakra vonatkozó talajnedvességi és talajhőmérsékleti átlagokat figyelembe venni.

A fentitől jelentősen eltérő természeti adottságok mellett kialakult talajokban azonban a mineralizáció lehetősége és sebessége is másként alakul. A tényleges N-szolgáltatás pontos számításához szükséges (talajhőmérsékleti és nedvességdinamikai) adatokkal azonban jelenleg nem rendelkezünk, így e helyen — a szórványos irodalmi közlésekből [29] és saját korábbi méréseinkből kiindulva — csupán a talajok közötti különbségek érzékeltetésére vállalkozhattunk. Egy humuszos homok és egy kötött réti talaj fontosabb jellemzőit az 5. táblázatban foglaltuk össze.

A táblázat azt mutatja, hogy — a kiindulási értékekből következően — a homoktalajnál a kis nedvességtartalom, a réti agyagtalaj 20—40 cm-es rétegében pedig az időszakos vízbőség és az alacsonyabb hőmérséklet miatt korlátozott a N-szolgáltatás.

Meg kell jegyezni, hogy mélyfekvésű, vagy időszakosan öntözött kötött (agyag) talajoknál, a hosszabb időszakra vonatkozó átlagos talajnedvességi adatok alapján — véleményünk szerint — nem lehet pontosan megítélni a N-feltárást. A szárazabb időszakokban ui. a felső réteg tényleges nedvessége jóval kisebb, a csapadékos periódusokban viszont tartósan nagyobb az optimálisnál. Az átlagérték így jóval nagyobb lesz, mint a túlnedvesedésre nem hajlamos talajoknál, s nem juthat kifejezésre az anaerob körülmények korlátozó hatása sem.

Az elmondottak meggyőzően bizonyítják, hogy a javasolt vizsgálati és értékelési módszerrel az eddigiéknél egzaktabban lehet becsülni a különböző talajok N-szolgáltatását. Ahhoz azonban, hogy ez a megoldás a gyakorlatban

is széleskörben alkalmazható legyen, mindenekelőtt (talajtípusonként) megbízható adatokat kell szereznünk a különböző talajok nedvesség- és hőmérséklet-változásáról.

Összefoglalás

Néhány talajtípus mineralizálható N-tartalmát, illetve a mineralizáció sebességének nedvesség- és hőmérsékletfüggését tanulmányoztuk.

A közel optimális körülmények között folytatott szakaszos inkubáció során felszabadult ásványi-N mennyiségéből számítottuk a potenciálisan mineralizálható N-készletet (N_{pot}) és a folyamat sebességi állandóját (k). Végül javaslatot tettünk a különböző nedvességi állapotú és hőmérsékletű talajok tényleges N-szolgáltatásának becslésére (9. és 10. egyenlet, ill. 4. ábra).

Irodalom

- [1] ALLISON, F. E. & STERLING, L. D.: Nitrate formation from soil organic matter in relation to total nitrogen and dropping practices. *Soil Sci.* **67**, 239–252. 1949.
- [2] BOSWELL, F. C., RICHER, A. C. & CASIDA, L. E.: Available soil nitrogen measurements by microbiological techniques and chemical methods. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **26**, 254–257. 1962.
- [3] BREMNER, J. M.: Nitrogen availability indexes. In: *Methods of soil analysis*. Part 2. (Ed.: BLACK, C. A.) Amer. Soc. Agron. Madison. 1965.
- [4] CHICHESTER, F. W.: Nitrogen in soil organo-mineral sedimentation fractions. *Soil Sci.* **107**, 356–363. 1969.
- [5] COOKE, G. W. & CUNNINGHAM, R. K.: Soil nitrogen. III. Mineralizable nitrogen determined by an incubation technique. *J. Sci. Food Agric.* **9**, 324–330. 1958.
- [6] CORNFIELD, A. H.: Carbon dioxide production during incubation of soils treated with cellulose as a possible index of nitrogen states of soils. *J. Sci. Food Agric.* **12**, 763–765. 1961.
- [7] CUNNINGHAM, R. K.: Mineral nitrogen in tropical forest soils. *J. Agric. Sci.* **59**, 257–262. 1962.
- [8] DESAI, S. V. & SUBBIAH, B. V.: Availability of nitrogen in soils and manures. *Indian J. Agric. Sci.* **22**, 167–173. 1952.
- [9] HARGITAI, L.: Soil nitrogen forms and their breakdown from humus. VIII. Int. Congr. Soil Sci. II. **29**, Bukarest. 1964.
- [10] HARMSSEN, G. W. & KOLENBRANDER, G. J.: Soil organic nitrogen. In: *Soil nitrogen Ser. Agron. No. 10*. (Eds.: BARTHOLOMEW, W. V. & CLARK, F. E.). Amer. Soc. Agron. Madison. 1965.
- [11] HARMSSEN, G. W.: Inquiry into possibility of an analytical estimation of the nitrogen fertilization requirement of soil. VI. Congr. Intern. Sci. Sol. Rapp. D. 457–463. 1956.
- [12] LEGG, J. O. et al.: Incorporation of ^{15}N -tagged mineral nitrogen into stable forms of soil organic nitrogen. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **35**, 273–276. 1971.
- [13] MEELICH, A.: Use of *Cunninghamella blakesleeana* and *Aspergillus niger* for measuring the manurial requirements of plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **2**, 279–288. 1938.
- [14] NYBORG, M. & HOYT, P. B.: Effect of soil acidity and liming on mineralization of soil nitrogen. *Can. J. Soil Sci.* **58**, 331–338. 1978.
- [15] PETERBURGSZKI, A. V.: *Praktikum po agrokimicheszkoi himii*. Izd. Szelszk. Literaturi zszurnalov plakatov. Moszkva. 1963.
- [16] PETERSON, L. A., ATTOE, O. J. & OGDEN, W. B.: Correlation of nitrogen soil tests with nitrogen uptake by the tobacco plant. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **24**, 205–209. 1960.

- [17] PRITCHETT, W. L., ENO, C. F. & MALIK, M. W.: The nitrogen status of the mineral soils of Florida. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **23**, 127—130. 1959.
- [18] RICHARD, T. A., ATTOE, O. J., MOSKAL, S. & TROUG, E.: A chemical method for determining available soil nitrogen. *Trans. Intern. Congr. Soil Sci. Ith. Madison.* **2**, 28—35. 1960.
- [19] STANFORD, G.: Extraction of soil organic nitrogen by autoclaving in water. *2. Soil Sci.* **107**, 323—328. 1969.
- [20] STANFORD, G. & SMITH, S. J.: Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **36**, 465—472. 1972.
- [21] STANFORD, G., FRERE, M. H. & SCHWANINGER, D. H.: Temperature coefficient on soil nitrogen mineralization. *Soil Sci.* **115**, 321—323. 1973.
- [22] STANFORD, G., CARTER, J. N. & SMITH, S. J.: Estimates of potentially mineralizable soil nitrogen based on short — term incubations. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **38**, 99—102. 1974.
- [23] STANFORD, G. & EPSTEIN, E.: Nitrogen mineralization-water relations in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **38**, 103—107. 1974.
- [24] STEVENSON, F. J.: Origin and distribution of nitrogen in soil. In: *Soil nitrogen*. Ser. Agron. No. 10. (Eds.: BARTHOLOMEW, W. V. & CLARK, F. E.). Amer. Soc. Agron. Madison. 1965.
- [25] SZÁSZ, G.: A Hajdúsági Lösszát talajának vízháztartási vizsgálata. *Agrártud. Közlem.* **33**, 419—432. 1974. Talajhőmérsékleti adatok. (Szóbeli közlés.)
- [26] TROUG, E.: Test for available soil nitrogen. *Com. Fertilizer.* **88**, 72—73. 1954.
- [27] TYURIN, I. V.: A talaj szerves anyagai. Moszkva. 1937. Ford.: OMgK. Budapest.
- [28] TYURIN, I. V. & KONONOVA, M. M.: *Biologija gumusza i voprosszu plodorodija pocsv.* „Dokl. Mezs. Konf. Pocsvoved.” M. Izd. AN. SzSzSzR. 1962.
- [29] VARGA-HASZONITS, Z.: *Agrometeorológia. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.* 1977.
- [30] VÁRALLYAY, GY. id.: A talaj táplálóanyag-tartalmának változása és annak vizsgálata. *Mezőgazd. Kut.* **13**, 71—81. 1940.

Érkezett: 1979. szeptember 1.

Determination and Evaluation of Mineralizable N-pool and N-supply of Some Soils of Hungary

G. FILEP and Á. TÓTH BIRÓ

Agricultural University of Debrecen and Research Centre of Seed Company, Nyíregyháza (Hungary)

Summary

The mineralizable N-pool of some soils of Hungary has been calculated and the connection between mineralization and moisture as well as temperature have been studied.

The potentially mineralizable N-content was calculated, at nearly optimal circumstances, from the released mineral N-quantity in the case of water saturation of 70% and during the partial incubation at 35 °C, similarly to the results of Stanford and Smith (20).

The N-supply (N_{sz}) of the soils was estimated owing to the following equations.

1. The moisture content of the soil is less than the optimal:

$$N_{sz} \text{ kg/ha/week} = k' \cdot N_{pot} \cdot \frac{(1,3846 V_{tP\%} - 4,25)}{100} \cdot T_s \cdot \frac{X}{10}$$

2. In the case of oversaturated soils:

$$N_{sz} \text{ kg/ha/week} = k' \cdot N_{pot} \cdot \frac{(227,6 - 1,65 V_{tP\%})}{100} \cdot T_s \cdot \frac{X}{10}$$

where: N_{pot} = the potentially mineralizable N mg/kg;

T_s = bulk density g/cm³;

$V_{tp\%}$ = the moisture content of the soils in the percentage of pore volume;
 X = the considered thickness of the soil, cm.

k' = can be obtained for a given soil temperature from Fig. 3 or Fig. 4.

For practical application of these calculations it is necessary to know the soil moisture and temperature.

Table 1. The characteristics of the soils. (1) Sampling site, type of the soil, depth of sampling, cm: a) weakly humuous sand, b) chernozem, c) meadow chernozem, d) meadow soil, e) solonetz meadow soil, f) deep meadow solonetz, g) brown forest soil with clay illuviation, the last sample is limed. (2) The sign of the sample. (3) Physical clay, %. (4) Available P_2O_5 and K_2O , mg %. (5) Total N%.

Table 2. Water household and mineralization properties of soil columns. (1) The type of the soil (see Table 1.). (2) The sign of the sample. T_s = bulk density, $P\%$ = total porosity %, $V_{Kp\%}$ = moisture content of water capacity in the percentage of pore volume.

Table 3. Parameters influencing the mineralization of N in a chernozem soil near Debrecen. (1) Period (month), a) average.

Table 4. The N supply of the investigated chernozem soil, kg/ha/week. (1) Period (month), a) average. N_{sz} = N-supply.

Table 5. Characteristic data of weakly humuous sand and meadow soil. (1) Type of the soil: a) weakly humuous sand, b) meadow clay. (2) Layer depth, cm.

Fig. 1. Relationship between $\ln(N_{pot} - N_{pot})$ and the incubation time. The sign of the soils 1—21 (see Table 1.). Horizontal axis: time, weeks.

Fig. 2. The rate of mineralization as a function of moisture. Vertical axis: relative mineralization (Y), (100% at the optimum value). Horizontal axis: moisture content in the percentage of pore volume (X). Upper horizontal axis: moisture content in the percentage optimum.

Fig. 3. Graphical illustration of Arrhenius equation.

Fig. 4. The rate of mineralization as a function of temperature. Vertical axis: the rate constant of the mineralization (k').

Messung und Berechnung des mineralisierbaren N-Vorrates und der N-Nachlieferung in ungarischen Böden

G. FILEP und Á. TÓTH—BIRÓ

Agrarwissenschaftliche Universität zu Debrecen und Forschungszentrale des Saatgutunternehmens, Nyíregyháza (Ungarn)

Zusammenfassung

Es wurde der mineralisierbare N-Vorrat einiger ungarischer Böden berechnet (Tab. 2.), bzw. die Abhängigkeit der Mineralisation von Bodenfeuchtigkeit und Lufttemperatur untersucht (Abb. 2—4.).

Die potentiell mineralisierbare N-Menge wurde aus der im Laufe einer unter nahezu optimalen Umständen, bei 70%-iger Wassersättigung der Poren und bei 35 °C etappenweise durchgeführten Inkubation freigewordenen mineralischen N-Menge auf ähnliche Weise wie bei STANFORD und SMITH (20) beschrieben, berechnet.

Die N-Nachlieferungsfähigkeit der Böden (N_{sz}) wurde, ausgehend von folgenden Formeln, geschätzt:

1. Wenn der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens geringer als der optimale ist:

$$N_{sz} \text{ kg/ha/Woche} = k' \cdot N_{pot} \cdot \frac{(1,3846 V_{tp\%} - 4,25)}{100} \cdot T_s \cdot \frac{X}{10};$$

2. Bei überfeuchten Böden:

$$N_{sz} \text{ kg/ha/Woche} = k' \cdot N_{pot} \cdot \frac{(227,6 - 1,65 V_{tp\%})}{100} \cdot T_s \cdot \frac{X}{10}.$$

In den Formeln bedeutet:

N_{pot} = potentiell mineralisierbares N, mg/kg;

T_s = Volumengewicht des Bodens, g/cm³;

$V_{tP\%}$ = Bodenfeuchtigkeit in % des Porenvolumens;

X = Mächtigkeit der betreffenden Bodenschichte, cm;

k' -Wert = die gegebene Bodentemperatur in Betracht genommen aufgrund Abb.

3. oder Abb. 4. erhältlich.

Bei praktischer Anwendung ähnlicher Untersuchungen und Berechnungen ist die eingehende Kenntnis der Veränderungen in der Bodenfeuchtigkeit und der Bodentemperatur notwendig.

Tab. 1. Allgemeine Kennwerte der untersuchten Böden. (1) Ursprung und Typ der Bodenprobe, Tiefe der Probenahme, cm: a) schwach humoser Sand; b) Tschernosjom; c) Wiesenschernosjom; d) Wiesenboden; e) Solonetz-Wiesenboden; f) tiefer Wiesensolonetz; g) brauner Waldboden mit Toneinwaschungen; die letzte Probe ist kalkhaltig. (2) Bezeichnung der Bodenprobe. (3) Physikalischer Ton %. (4) Aufnehmbares P_2O_5 und K_2O , mg%. (5) Gesamtes N%.

Tab. 2. Kennwerte der Wasserwirtschafts- und Mineralisationseigenschaften der Bodensäulen. (1) Bodentyp (s. unter Tab. 1.). (2) Bezeichnung der Bodenprobe. T_s = Volumengewicht; $P\%$ = gesamte Porosität; $V_{KP\%}$ = das Wasser der Wasserkapazität in % des Porenvolumens.

Tab. 3. Die die N-Mineralisation beeinflussenden Bodenparameter in einem Tschernosjomboden aus der Umgebung von Debrecen. (1) Zeitspanne (Monat), a) Mittelwert.

Tab. 4. N-Nachlieferung des untersuchten Tschernosjombodens, kg/ha/Woche. (1) Zeitspanne (Monat), a) Mittelwert. N_{sz} = N-Nachlieferung.

Tab. 5. Kennwerte des schwach humosen Sandbodens und des Wiesenbodens, (1) Bodentyp: a) Schwach humoser Sand; b) Wiesenboden (Ton). (2) Schichtentiefe, cm.

Abb. 1. Der Zusammenhang von $\ln(N'_{\text{pot}} - N_{\text{pot}})$ mit der Inkubationszeit bei einigen Böden. 1–21. = Bezeichnung der Böden (s. unter Tab. 1.). Abszisse: Zeitdauer (Wochen).

Abb. 2. Änderung des Ausmasses der Mineralisation als Funktion der Bodenfeuchtigkeit. Ordinate: relative Mineralisation (Y), (100% beim Optimum). Abszisse: Bodenfeuchtigkeit in % des Porenraumes. Obere Abszisse: Bodenfeuchtigkeit in % des Optimums.

Abb. 3. Graphische Darstellung der Arrhenius'schen Gleichung.

Abb. 4. Änderungen der Geschwindigkeitskonstante der Mineralisation nach der Temperatur. Ordinate: Geschwindigkeitskonstante der Mineralisation (k').

Расчет и измерение содержания минерализуемого азота и обеспеченности азотом венгерских почв

Д. ФИЛЭП и ТОТНЕ А. БИРО

Аграрный Университет, Дебрецен и Научно-Исследовательский Центр семеноводческого предприятия, Нирельхаза (Венгрия)

Резюме

Для некоторых почв Венгрии рассчитали запасы минерализуемого азота (Табл. 2) и изучили зависимость минерализации от влажности и температуры (Рис. 2–4).

Содержание потенциально-минерализуемого азота рассчитали по количеству минерального азота, освободившегося в ходе инкубации, проходящей в условиях близких к оптимальным (влажность 70% от общей порозности и при температуре 35°C), используя при этом метод, подобный методу Стенфорд и Смит (20).

Обеспеченность азотом (N_{sz}) определили, исходя из следующих уравнений:

1. При влажности почвы ниже оптимальной:

$$N_{sz} \text{ кг/га/неделя} = k' N_{\text{pot}} \cdot \frac{(1,3846 V_{tP\%} - 4,25)}{100} \cdot T_s \cdot \frac{X}{10}$$

2. В переувлажненной почве:

$$N_{sz} \text{ кг/га/неделя} = \kappa' N_{\text{pot.}} \frac{(227,6 - 1,65 \text{ } V_{\text{tr}}\%) }{100} \cdot T_s \cdot \frac{X}{10}$$

В уравнениях: $N_{\text{pot.}}$ = потенциально-минерализуемый азот, мг/кг;

Табл. 1. Основные свойства изученных почв. (1) Место взятия образцов, тип почвы и глубина в см: а) слабо-гумусированный песок; б) чернозем; с) луговой чернозем; д) луговая почва; е) солонцеватая луговая почва; ф) глубокий луговой солонец; г) иллимизированная бурая лесная почва; последний образец известкован. (2) Обозначение почвенного образца. (3) Содержание физической глины, %. (4) Содержание усвояемых P_2O_5 и K_2O , мг%. (5) Общее содержание азота %.

Табл. 2. Водно-физические свойства почв модельных колонок. (1) Тип почвы (обозначения смотри в таблице 1). (2) Обозначение почвенного образца. T_s = объемный вес; P % = общая порозность в %; VK_p % = влажность в % от общей порозности почвы.

Табл. 3. Почвенные параметры, влияние на минерализацию азота в черноземе из окрестностей Дебрецена. (1) Период времени (месяц). а) среднее. $V_{\text{tr}}\% = V_t \text{ } V_{\text{tr}}\% = V_{\text{tr}}\%$

Табл. 4. Обеспеченность азотом изученного чернозема кг/га/неделя N_{sz} = обеспеченность азотом.

Табл. 5. Характерные свойства слабо гумусированного песка и луговой почвы. (1) Тип почвы: а) Слабо гумусированный песок; б) Луговая почва. (2) Глубина горизонта, см.

Рис. 1. Зависимость $\ln(N_{\text{pot.}} - N_{\text{pot.}})$ от время инкубации для изученных почв. Обозначения почв от 1. до 21. смотри в таблице 1. По горизонтальной оси: время в неделях.

Рис. 2. Изменение размера минерализации в зависимости от влажности почвы. По вертикальной оси: относительная минерализация (Y) (оптимальная 100 %). По горизонтальной оси: Влажность почвы в процентах от общей порозности (X). Верхняя горизонтальная ось: Влажность почвы в процентах от оптимальной.

Рис. 3. Графическое изображение уравнения Аррениуса.

Рис. 4. Изменение постоянной скорости минерализации в зависимости от температуры. По вертикальной оси: Постоянная скорости минерализации (κ').